

R6

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-248909

(43)Date of publication of application : 05.09.2003

(51)Int.Cl.

G11B 5/39
G11C 11/14
G11C 11/15
H01F 10/16
H01F 10/30
H01F 10/32
H01L 27/105
H01L 43/08

(1)Application number : 2002-050665

(71)Applicant : HITACHI LTD

(2)Date of filing : 27.02.2002

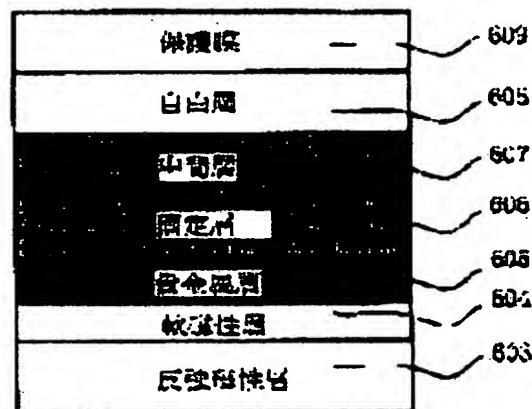
(72)Inventor : TAKAHASHI HIROMASA
SOEYA SUSUMU
HAYAKAWA JUN
ITOU AKITOMO

(4) MAGNETIC HEAD, MAGNETIC RECORDING AND REPRODUCING DEVICE PROVIDED HEREWITH, AND MAGNETIC MEMORY

(7)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a high-output magnetic head having an optimum magneto-resistive element when used especially as CPP-GMR.

SOLUTION: The magneto-resistive element comprises a fixed layer 606 containing half-metal, a free layer 608 formed on one principal-plane side of the fixed layer 606, and an intermediate layer 607 formed between the fixed layer 606 and the free layer 608. Further, the element comprises an anti-ferromagnetic layer 603 formed on other principal-plane side of the fixed layer 606, a soft-magnetic layer 604 formed between the fixed layer 606 and the anti-ferromagnetic layer 603, a noble-metal layer 605 formed between the fixed layer 606 and the soft-magnetic layer 604. This achieves a magnetic head with high output and high sensitivity.



LEGAL STATUS

Date of request for examination]

02.09.2004

Date of sending the examiner's decision of rejection]

BEST AVAILABLE COPY

R6

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-248909

(P2003-248909A)

(43) 公開日 平成15年9月5日 (2003.9.5)

(51) Int.Cl.	識別記号	F I	テマコード (参考)
G 1 1 B	5/39	G 1 1 B 5/39	5 D 0 3 4
G 1 1 C	11/14	G 1 1 C 11/14	A 5 E 0 4 9
	11/15	11/15	5 F 0 8 3
H 0 1 F	10/16	H 0 1 F 10/16	
	10/30	10/30	

審査請求 未請求 請求項の数38 O L (全 14 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2002-50665 (P2002-50665)

(22) 出願日 平成14年2月27日 (2002.2.27)

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 高橋 宏昌

東京都国分寺市東壺ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72) 発明者 添谷 進

東京都国分寺市東壺ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(74) 代理人 100075096

弁理士 作田 康夫

最終頁に続く

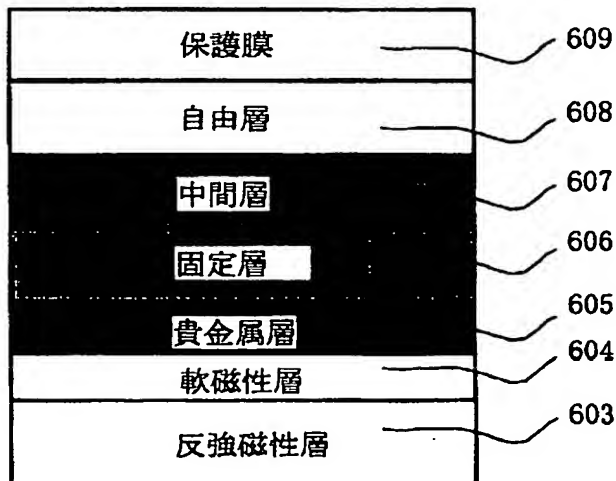
(54) 【発明の名称】 磁気ヘッド及びそれを備える磁気記録再生装置、並びに磁気メモリ

(57) 【要約】

【課題】 出力が高く、特にCPP-GMRとして用いると最適な磁気抵抗効果素子を備える磁気ヘッドを提供する。

【解決手段】 ハーフメタルを含有する固定層606と、前記固定層606の一主面側に形成された自由層608と、前記固定層606と前記自由層608との間に形成された中間層607と、前記固定層606の他主面側に形成された反強磁性層603と、前記固定層606と前記反強磁性層603との間に形成された軟磁性層604と、前記固定層606と前記軟磁性層604との間に形成された貴金属層605とを含む磁気抵抗効果素子を備えることにより、高感度で出力が向上した磁気ヘッドを実現する。

図6



【特許請求の範囲】

【請求項1】 ハーフメタルを含有する固定層と、前記固定層の一主面側に形成された自由層と、前記固定層と前記自由層との間に形成された中間層と、前記固定層の他主面側に形成された反強磁性層と、前記固定層と前記反強磁性層との間に形成された軟磁性層と、前記固定層と前記軟磁性層との間に形成された貴金属層とを含む磁気抵抗効果素子を備える磁気ヘッド。

【請求項2】 前記磁気抵抗効果素子の膜厚方向に電流を流すための電極を備えることを特徴とする請求項1記載の磁気ヘッド。

【請求項3】 前記固定層の膜厚は、0.8nm以上であることを特徴とする請求項1記載の磁気ヘッド。

【請求項4】 前記ハーフメタルは、 Fe_3O_4 、 CrO_2 若しくは ZnO に遷移金属を添加した材料、 GaN に Mn を添加した材料のうち少なくとも1種である請求項1記載の磁気ヘッド。

【請求項5】 前記中間層は、 Pt 、 Pd 、 Rh 、 Ru 、 Ir 、 Au 、 Ag 又は Cu のうち少なくとも1種以上を含有することを特徴とする請求項1記載の磁気ヘッド。

【請求項6】 前記中間層は、非磁性かつ導電性の材料により形成されていることを特徴とする請求項1記載の磁気ヘッド。

【請求項7】 前記自由層は、 CoFe 又は NiFe を含有する請求項1記載の磁気ヘッド。

【請求項8】 前記貴金属層は、 Pt 、 Pd 、 Rh 、 Ru 、 Ir 、 Au 又は Ag のうち少なくとも1種以上を含む請求項1記載の磁気ヘッド。

【請求項9】 前記軟磁性層は、 NiFe を含有することを特徴とする請求項1記載の磁気ヘッド。

【請求項10】 前記反強磁性層は、 MnIr 、 MnPt 、 CrMnPt 、 NiO のいずれかの材料を含有する請求項1記載の磁気ヘッド。

【請求項11】 前記磁気抵抗効果素子は、面積抵抗が $2\Omega\text{m}^2$ 以下であり、かつ磁気抵抗変化率が2%以上であることを特徴とする請求項1記載の磁気ヘッド。

【請求項12】 第1の磁性層と、積層フェリ構造を有する多層磁性膜と、前記第1の磁性層と前記多層磁性膜との間に形成された中間層とを含み、前記多層磁性膜は、ハーフメタルを含有し、前記中間層に接するように形成された第2の磁性層と、軟磁性材料を含有する第3の磁性層と、前記第2の磁性層と第3の磁性層との間に形成された貴金属層とを有し、前記第3の磁性層の貴金属層が形成されている側とは反対側に反強磁性層が形成された磁気抵抗効果素子を備えた磁気ヘッド。

【請求項13】 前記磁気抵抗効果素子の膜厚方向に電流を流すための電極を備えたことを特徴とする請求項12記載の磁気ヘッド。

【請求項14】 前記第2の磁性層の膜厚は、0.8nm以上

であることを特徴とする請求項12記載の磁気ヘッド。

【請求項15】 前記ハーフメタルは、 Fe_3O_4 、 CrO_2 若しくは ZnO に遷移金属を添加した材料、 GaN に Mn を添加した材料のうち少なくとも1種である請求項12記載の磁気ヘッド。

【請求項16】 前記中間層は、 Pt 、 Pd 、 Rh 、 Ru 、 Ir 、 Au 、 Ag 又は Cu のうち少なくとも1種以上を含有することを特徴とする請求項12記載の磁気ヘッド。

【請求項17】 前記中間層は、非磁性かつ導電性の材料により形成されていることを特徴とする請求項12記載の磁気ヘッド。

【請求項18】 前記第1の磁性層は、 CoFe 又は NiFe を含有する請求項12記載の磁気ヘッド。

【請求項19】 前記貴金属層は、 Pt 、 Pd 、 Rh 、 Ru 、 Ir 、 Au 又は Ag のうち少なくとも1種以上を含む請求項12記載の磁気ヘッド。

【請求項20】 前記第3の磁性層は、 NiFe を含有することを特徴とする請求項12記載の磁気ヘッド。

【請求項21】 前記反強磁性層は、 MnIr 、 MnPt 、 CrMnPt 、 NiO のいずれかの材料を含有する請求項12記載の磁気ヘッド。

【請求項22】 前記磁気抵抗効果素子は、面積抵抗が $2\Omega\text{m}^2$ 以下であり、かつ磁気抵抗変化率が2%以上であることを特徴とする請求項12記載の磁気ヘッド。

【請求項23】 反強磁性層と、該反強磁性層上に形成された第1の軟磁性層と、該第1の軟磁性層上に形成された貴金属層と、該貴金属層上に形成されたハーフメタル層と、該ハーフメタル層上に形成された中間層と、該中間層上に形成された第2の軟磁性層とを含む磁気抵抗効果素子を備えた磁気ヘッド。

【請求項24】 前記磁気抵抗効果素子の膜厚方向に電流を流すための電極を備えたことを特徴とする請求項23記載の磁気ヘッド。

【請求項25】 前記ハーフメタル層の膜厚は、0.8nm以上であることを特徴とする請求項23記載の磁気ヘッド。

【請求項26】 前記ハーフメタルは、 Fe_3O_4 、 CrO_2 若しくは ZnO に遷移金属を添加した材料、 GaN に Mn を添加した材料のうち少なくとも1種である請求項23記載の磁気ヘッド。

【請求項27】 前記中間層は、 Pt 、 Pd 、 Rh 、 Ru 、 Ir 、 Au 、 Ag 又は Cu のうち少なくとも1種以上を含有することを特徴とする請求項23記載の磁気ヘッド。

【請求項28】 前記中間層は、非磁性かつ導電性の材料により形成されていることを特徴とする請求項23記載の磁気ヘッド。

【請求項29】 前記第2の軟磁性層は、 CoFe 又は NiFe を含有する請求項23記載の磁気ヘッド。

【請求項30】前記貴金属層は、Pt、Pd、Rh、Ru、Ir、Au又はAgのうち少なくとも1種以上を含む請求項23記載の磁気ヘッド。

【請求項31】前記第1の軟磁性層は、NiFeを含有することを特徴とする請求項23記載の磁気ヘッド。

【請求項32】前記反強磁性層は、MnIr、MnPt、CrMnPt、NiOのいずれかの材料を含有する請求項23記載の磁気ヘッド。

【請求項33】前記磁気抵抗効果素子は、面積抵抗が $2\Omega\mu\text{m}^2$ 以下であり、かつ磁気抵抗変化率が2%以上であることを特徴とする請求項23記載の磁気ヘッド。

【請求項34】磁気記録媒体と、前記磁気記録媒体を駆動する駆動部と、磁気抵抗効果素子を有する磁気ヘッドと、前記磁気ヘッドを前記磁気記録媒体上の所定の位置に移動させるアクチュエーターと、前記磁気ヘッドからの出力信号再生を行う信号処理手段とを備える磁気記録再生装置において、

前記磁気抵抗効果素子が、ハーフメタルを含有する固定層と、前記固定層の一面側に形成された自由層と、前記固定層と前記自由層との間に形成された中間層と、前記固定層の他主面側に形成された反強磁性層と、前記固定層と前記反強磁性層との間に形成された軟磁性層と、前記固定層と前記軟磁性層との間に形成された貴金属層とを備えることを特徴とする磁気記録再生装置。

【請求項35】前記磁気ヘッドは、記録部と再生部とを備えることを特徴とする請求項34記載の磁気記録再生装置。

【請求項36】ビット線と、該ビット線に直交するワード線と、前記ビット線とワード線との交点に設けられたメモリセルとを有し、

前記メモリセルは、ハーフメタルを含有する固定層と、前記固定層の一面側に形成された自由層と、前記固定層と前記自由層との間に形成された中間層と、前記固定層の他主面側に形成された反強磁性層と、前記固定層と前記反強磁性層との間に形成された軟磁性層と、前記固定層と前記軟磁性層との間に形成された貴金属層とを含む積層膜を備えたことを特徴とする磁性メモリ。

【請求項37】ビット線と、該ビット線に直交するワード線と、前記ビット線とワード線との交点に設けられたメモリセルとを有し、

前記メモリセルは、第1の磁性層と、積層フェリ構造を有する多層磁性膜と、前記第1の磁性層と前記多層磁性膜との間に形成された中間層とを含み、前記多層磁性膜は、ハーフメタルを含有し、前記中間層に接するように形成された第2の磁性層と軟磁性材料を含有する第3の磁性層と前記第2の磁性層と第3の磁性層との間に形成された貴金属層とを有し、前記第3の磁性層の貴金属層が形成されている側とは反対側に反強磁性層が形成された積層膜を備える磁性メモリ。

【請求項38】ビット線と、該ビット線に直交するワー

ド線と、前記ビット線とワード線との交点に設けられたメモリセルとを有し、

前記メモリセルは、反強磁性層と、該反強磁性層上に形成された第1の軟磁性層と、該第1の軟磁性層上に形成された貴金属層と、該貴金属層上に形成されたハーフメタル層と、該ハーフメタル層上に形成された中間層と、該中間層上に形成された第2の軟磁性層とを含む磁気抵抗効果素子を備えた磁気ヘッド。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】磁気抵抗効果素子を備える磁気ヘッド及び磁気記録再生装置、並びに磁性メモリに関する。

【0002】

【従来の技術】磁気記録再生装置においては、記録密度の向上が著しい。この磁気記録再生装置が備える磁気記録再生ヘッドには、記録、再生の両特性に関し、高性能化が要求されている。

【0003】再生ヘッドの高機能化は、記録密度1~10 (Gb/in²) のでは、異方性磁気抵抗効果 (AMR) ヘッドにより、記録密度10~30 (Gb/in²) では、感度をより高く得られる巨大磁気抵抗効果 (GMR) ヘッドにより達成されてきた。現状の記録密度20~70 (Gb/in²) では、スペキュラーGMRや、NOL-GMRと呼ばれるアドバンスGMR効果によって、再生ヘッドの高記録密度への対応がなされている。

【0004】しかし、さらなる高感度化の進展により、より高感度な再生方式が必要とされており、記録密度70~150 (Gb/in²) ではトンネル磁気抵抗効果 (TMR)、記録密度150 (Gb/in²) 以上の高記録密度では膜面に垂直な方向に検出電流を流す方式のGMR膜 (CPP-GMR; Current-perpendicular to plane GMR) 等が主流になると考えられている。従来のGMR素子は膜面に平行に検出電流を流す方式であることから、CIP-GMRと呼ばれてCPP-GMRとは区別されている。特表平11-509956号公報、特開平7-221363号公報には、CPP-GMR方式の磁気ヘッドの構造の一例が開示されている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来のCPP-GMR素子においては、磁気抵抗変化率が小さすぎるため、実際の再生ヘッドへは適用できないという問題がある。CPP-GMR膜の膜厚方向に電流を流した場合、CPP-GMR膜の膜面方向に電流を流した場合と比べると、電流パスが短く、素子の抵抗値が小さい。

【0006】従来作製されていたCPP-GMRの抵抗は、 $0.25\mu\text{m}^2$ の面積の素子について $0.1\sim0.5\text{m}\Omega$ 程度である。また、 $\Delta R/R$ が20%程度であるので、 ΔR は $0.08\sim0.4\text{m}\Omega$ である。この ΔR 値は、磁気再生素子に適用するのに必要とされている出力値である 2Ω 以上と比べて非常に小さいことがわかる。

【0007】抵抗 R を高くし、かつ ΔR を大きくするためにはCPP-GMR素子の大きさを小さくすれば良いが、現状において素子面積の作製の限界は $0.1\mu\text{m}^2$ 程度である。また、素子面積が小さくなると、抵抗値が小さくなりすぎるため、抵抗 R の測定が困難になるという問題もある。

【0008】そこで本発明では、素子の磁気抵抗変化率や電気抵抗を高くするための材料、及び膜構造を最適化した磁気抵抗効果素子を搭載する磁気ヘッド及び磁気記録再生装置を提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】上述の目的を達成するために、本発明に係る磁気ヘッド及び磁気記録再生装置は、ハーフメタルを含有する固定層と、固定層の一主面側に形成された自由層と、固定層と自由層との間に形成された中間層と、固定層の他主面側に形成された反強磁性層と、固定層と反強磁性層との間に形成された軟磁性層と、固定層と軟磁性層との間に形成された貴金属層とを含む磁気抵抗効果素子を備えることを主たる特徴とする。

【0010】また、本発明に係る磁気ヘッド及び磁気記録再生装置は、第1の磁性層と、積層フェリ構造を有する多層磁性膜と、第1の磁性層と前記多層磁性膜との間に形成された中間層とを含み、多層磁性膜は、ハーフメタルを含有し、前記中間層に接するように形成された第2の磁性層と、軟磁性材料を含有する第3の磁性層と、第2の磁性層と第3の磁性層との間に形成された貴金属層とを有し、更に第3の磁性層の貴金属層が形成されている側とは反対側に反強磁性層が形成された磁気抵抗効果素子を備えることを主たる特徴とする。

【0011】更にまた、本発明に係る磁気ヘッド及び磁気記録再生装置は、反強磁性層と、反強磁性層上に形成された第1の軟磁性層と、第1の軟磁性層上に形成された貴金属層と、貴金属層上に形成されたハーフメタル層と、ハーフメタル層上に形成された中間層と、中間層上に形成された第2の軟磁性層とを含む磁気抵抗効果素子を備えることを主たる特徴とする。

【0012】以上のように構成される磁気抵抗効果素子は、ハーフメタルを含有する固定層、第2の磁性層又はハーフメタル層を備えているので、磁気抵抗変化率や電気抵抗が高い。したがって、この磁気抵抗効果素子を搭載することにより、高感度でGMR出力が大きい磁気ヘッドを実現できる。また、本磁気抵抗効果素子は、磁性メモリのメモリセルに搭載することも可能であり、セル面積を縮小化し、メモリ容量を従来の倍以上に増大可能な磁性メモリを実現できる。

【0013】

【発明の実施の形態】以下、本発明を適用するのに好ましい磁気ヘッドについて、詳細に説明する。

【0014】本発明を適用した磁気ヘッドは、ハーフメ

タルを含有する固定層と、固定層の一主面側に形成された自由層と、固定層と自由層との間に形成された中間層と、固定層の他主面側に形成された反強磁性層と、固定層と反強磁性層との間に形成された軟磁性層と、固定層と軟磁性層との間に形成された貴金属層とを含む磁気抵抗効果素子を備える。

【0015】特に、固定層は、 Fe_3O_4 、 CrO_2 若しくは ZnO に遷移金属を添加した材料、 GaN に Mn を添加した材料のうち少なくとも1種のハーフメタルを含有している。このように、本発明を適用した磁気抵抗効果素子は、ハーフメタルと呼ばれる材料を固定層に適用した構造を有する。

【0016】ハーフメタルとは、その材料のもつ電子構造が、図1(a)のような特徴を持つものである。ここで、電子構造について簡単に説明する。なお、図1において、(a)はハーフメタル磁性体の電子密度状態を示し、(b)は非磁性金属の電子密度状態を示し、(c)は磁性金属の電子密度状態を示す。

【0017】一般に、非磁性金属の電子構造は、図1

(b)のような形である。これらの図では、下から上へ、エネルギー順位の低い状態から高い状態になっていることを示し、図の横方向は中心をゼロとした電子密度を表すと考えられる。図の中心を境にした左右は、電子が2種類の電子スピンをもつことを区別するものである。なお、便宜的に、右側を上向きスピン(\uparrow)、左側を下向きスピン(\downarrow)と呼ぶこととする。

【0018】図中、EFと記された横線は、フェルミ面と呼ぶエネルギー準位で、このエネルギーの電子が電気伝導の大半を担っている。金属は、フェルミ面のエネルギー準位に有限の電子密度があるため、これが自由電子として電気伝導する電子となる。ハーフメタルとは、図1に示すようにフェルミ面における電子が、上下スピンのどちらか一方のスピンだけである物質のことである。

【0019】この電子スピンと磁性とは大きく関係している。磁性体の場合はフェルミ面から下側のバンド内にある電子総数が、上向きスピンと下向きスピンので大きく異なるという特徴がある。一方、ハーフメタルでは、フェルミ面のスピン数が100%片側スピンからなるという点が特徴である。

【0020】よって、ハーフメタルであり、かつ、強磁性体である場合もある。これを、ハーフメタル磁性体というが、多くのハーフメタルは磁性体であることからここではハーフメタルと呼ぶことにする。ここで、このスピンの偏りを分極率 P という。分極率 P は、フェルミ面における上向きスピン電子数を n_{\uparrow} 、下向きスピン電子数を n_{\downarrow} として下記数1であらわされる。

【数1】

【数1】

数 1

$$P=100 \times (n \uparrow - n \downarrow) / (n \uparrow + n \downarrow)$$

ハーフメタルに電子を流すと、ハーフメタルの電子スピンの向きと同じスピン成分の電子は保存しハーフメタル中を伝導するが、逆向きのスピンをもつ電子は反発力が働くため伝導できない。したがって、ハーフメタル磁性体と金属磁性体とを非磁性金属を介して接合したスピンバルブ構造では、磁性体金属を軟磁性にすれば、外部磁界でその金属磁性膜の磁化が反転したときに磁気抵抗が大きく変化する可能性がある。原理的にこのようなスピンバルブ構造ではハーフメタル磁性体の分極率が100%の場合には、抵抗変化率は無限大となると考えられるため、これを材料にスピンバルブ構造を構成すれば抵抗変化率の増大すなわち出力の増加に相当有効である。

【0022】このようなハーフメタル磁性体材料は大別すると(A)磁性半導体、又は(B)一部の酸化物磁性体である。(A)磁性半導体は、CrAs、CrSb、あるいは、閃亜鉛型の結晶構造をもつ、III-V族化合物半導体にMnなどの磁性体をドーブした希薄磁性半導体(InMnAs、GaMnAs)などで、MBEによる単結晶エピタキシャル成長により作製される。

【0023】一般に、ハーフメタル的な特性を示すのは、材料によっても異なるが、100K~4K以下の低温度域である。例外的に、CrSb(~350K)やCrAs($T_c > 1000$ K)のように高温でも特性を示すとされているものがある。また、ZnOやGaNに遷移金属をドーブした磁性半導体、その他の閃亜鉛型結晶構造をもつ磁性半導体については、室温で強磁性的挙動を示し、ハーフメタルである。

【0024】一方、(B)の酸化物磁性体としては、Fe₃O₄が特によく知られている。これ以外にもCrO₂がハーフメタル材料の候補である。Fe₃O₄はハーフメタル特性が室温でも得られる点と、磁性体としても磁化が大きくかつ軟磁気特性を得られるので重要である。ただし、一般に、単層膜を得るためには、500℃をこえる高温処理あるいは基板温度上の製膜が必要なため、これまで実用化にはいたっていない。

【0025】酸化物ハーフメタル材料においては、作製温度の問題が大きな課題となり、これまで一般に素子化あるいは実際の磁気ヘッドを作製するには至っていない。Fe₃O₄の場合、近い組成に安定相であるが磁化が低く、ハーフメタルではないFe₂O₃という相があり、混層化しやすいのと、FeとFe₃O₄とも混相になりやすい傾向にある。CrO₂もCr₂O₃という絶縁体と混相化しやすいため、酸素雰囲気中の高温作製など特別な作製法が必要である。

【0026】この問題に対し、本発明者等は、Fe₃O₄の下地材料を選択することで成長エネルギーを調整し、単

層化することが可能であることを見出し、このような材料として、一部の貴金属を用いた場合に単層化が可能であることを見出した。

【0027】このような貴金属としては、Pt、Rh等がある。RFスパッタリング法で基板上にこれらの貴金属膜を形成し、この上にFe₃O₄を形成する方法である。この方法では、基板温度300℃で製膜した場合に、XRDパターンから単層のFe₃O₄であり、かつ、室温での飽和磁化が0.55~0.6テスラとなりバルクのFe₃O₄(飽和磁化: 0.5~0.6テスラ@室温)と同じ値となり、かつ、Fe₃O₄の特徴である120K付近での飽和磁化の温度依存性異常(フェルベール点)も確認できている。これは、基板温度250℃以上ではほぼ同様である。基板温度が150~200℃でも0.5テスラ以上の飽和磁化である。したがって、この方法でFe₃O₄単層膜の形成ができていると考える。また、数nmの薄膜化も可能である。

【0028】ところで、従来のスピンバルブ膜は、一対の金属磁性膜と金属磁性膜とをCu中間層を介して積層したものである。本発明を適用した磁気抵抗効果素子においては、ハーフメタルを含有する固定層と金属磁性体膜とを中間層を介して接合させた構造として、十分な磁気抵抗効果特性が得られるかどうか課題である。

【0029】そこで、本発明者等は、基板上に、反強磁性膜、軟磁性膜、貴金属層、酸化物磁性体を含有する固定層、中間層、自由層の順に積層されてなる磁気抵抗効果素子について、中間層材料としてCu又は貴金属材料を挟み、磁気抵抗効果特性が得られるかどうかを検討した。また、基板上に、自由層、中間層、酸化物磁性体を含有する固定層、貴金属層、軟磁性膜、反強磁性膜の順に積層されてなる磁気抵抗効果素子については、中間層の材料は上述の下地層を兼ねる必要があるため、貴金属材料を用いた。その結果、上記何れの積層構造とした場合においても、十分な磁気抵抗効果特性を得られることを確認した。

【0030】次に、ハーフメタル材料を含有する固定層における磁化固定の方法として、一般のGMR再生ヘッドで適用されているハードバイアス方式を適用することを考えた場合、ハードバイアスに用いられる反強磁性膜は、下地膜としてNiFeなどの金属磁性膜(軟磁性膜)上に形成する必要がある。しかし、酸化物ハーフメタルからなる磁性膜上に軟磁性膜及び反強磁性膜をこの順に積層した場合、酸化物ハーフメタルを含有する固定層から軟磁性膜へ酸素拡散が発生し、ハーフメタル特性の劣化、軟磁性膜の酸化、劣化が起きる可能性があり、信頼性が低下する可能性がある。

【0031】そこで、本発明を適用した磁気抵抗効果素子では、反強磁性膜と、酸化物ハーフメタルを含有する固定層とを積層フェリ構造を介して結合する構造とした。この構造とすることにより、積層フェリの中間膜(貴金属膜)が酸化防止膜の働きをするので、酸化物ハ

ーフメタルを含有する固定層から軟磁性膜へ酸素拡散が確実に抑制され、信頼性の高い膜を作製することが可能である。この場合も、積層フェリ結合が、軟磁性膜と酸化物ハーフメタルを含有する固定層の間に形成されており、従来になく新しい構造である。

【0032】

【発明の実施の形態】〔実験1〕まず、基板上にハーフメタルを含有する層を形成し、次に、基板とハーフメタルを含有する層との間に貴金属層を形成し、これらについて下記の検証を大なった。

【0033】ガラス基板、酸化マグネシウム基板、GaAs基板、AlTiC基板、SiC基板、Al₂O₃基板、SiO₂基板等の基板上に、膜形成した。膜作製法としては、RFスパッタリング法を用いた。到達真空度は 5×10^{-3} Pa以下であり、ターゲットはFe₃₀₄の焼結体ターゲットである。Ar雰囲気中で、約1~0.1Paの圧力、50W~150Wのパワーで膜成長させた。膜の成長速度は0.1Å/s未満である。あるいは、分子線エピタキシー法(MBE)でFeを蒸着源とし、これを蒸着しながら、雰囲気中に酸素を入れる方法によっても、0.1~0.01Å/s程度の非常にゆっくりとした膜形成速度で膜形成した場合にFe₃₀₄の形成が確認された。

【0034】これらの基板上に直接Fe₃₀₄を形成した場合は、室温成膜した膜の飽和磁化は0.1テスラ未満であり、基板温度400℃における飽和磁化も0.2テスラ~0.3テスラだった。この値は、Fe₃₀₄単層としては低い値である。

【0035】また、このようにして作製した膜は非晶質傾向の強い膜になった。これをほぼ完全なFe₃₀₄単層膜にするためには、基板温度を540℃以上の高温にし、結晶化を促進する手段を施すことが必要であった。ただし、上述の単結晶基板を用い、スパッタ室雰囲気のH₂O分率を低減し、低レート、低エネルギーで膜形成する新規な作製法により、250℃以上の基板温度において膜厚10~50nmの膜において飽和磁化0.4テスラ以上をもつFe₃₀₄膜を作製することができた。

【0036】この膜の磁化の温度変化が、Fe₃₀₄に特有のフェルベー転移を120K付近に示すこと、XRDの回折ピークからFe₃₀₄であることが確認された。このFe₃₀₄は、ハーフメタリックな特性を持つことが理論および過去の分光分析等から知られている材料である。

【0037】ハーフメタルFe₃₀₄を磁気再生ヘッドの磁気抵抗素子に適用する場合、素子の下部に電極兼下地膜となる導電性膜が必要である。また、適當下地膜を選択することで成長温度を低減できる可能性が高いと考えた。そこで、上述の基板上に貴金属であるPt, Pd, Rh, Ru, Ir, Au, Agの膜をそれぞれ厚さ2nmで形成した。この膜上にFe₃₀₄膜を、先に述べた作製法で厚さ50nm成長し、磁気的性質の温度依存性を調べた。

【0038】図2に、形成したFe₃₀₄膜の飽和磁化Bsの基

板温度依存性を、各貴金属下地材料について示す。この結果から、ガラス基板上にFe₃₀₄膜を直接形成したものよりも、下地膜としてPt, Pd, Rh, Ru, Ir, Au又はAgを用いた場合に、ほぼ良好なFe₃₀₄成長が確認された。特に、Au, Pd, Pt下地膜を適用した場合、基板温度200℃でも、Fe₃₀₄膜の飽和磁化は約0.5テスラが得られている。また、この膜の保磁力は約1A/mであり良好な軟磁性膜である。

【0039】また、これら下地の貴金属膜が50nm~100nmの厚さとなった場合、表面粗さRaを0.4nm以下にすることにより、同様の値が得られることを確認した。また、これら貴金属の下に、Crなどの適當下地膜を数nmから数十nm挿入することにより、この上に成長した貴金属膜の表面構造が平滑化し、Fe₃₀₄膜の成長が促進される。

【0040】再生ヘッドに適用するためには、ハーフメタルの膜厚~1nm程度で上記の特性を示すことが必要である。薄膜化の課題は、薄くすると膜を構成する磁性粒子の磁化スピンの磁気エネルギーよりも、温度エネルギーが高くなるために、磁化の向きがばらばらになる超常磁性になる点がある。このため、いわゆる超常磁性限界膜厚よりも膜厚が厚いことが必要である。

【0041】図3に飽和磁化の膜厚依存性を示す。図から、薄膜化が進むと膜の飽和磁化は急激に減少する傾向にあるが、1nm程度では磁化は確保されている。この図から、Fe₃₀₄膜の膜厚が10nmを超えた領域ではFe₃₀₄膜の飽和磁化は0.5テスラ程度だが、膜厚0.8nm未満ではやや減少し0.4テスラ程度に低下したが、マグネタイトとしての強磁性的特性は維持されていると考える。これより薄い場合は厚さによる特性の変化が急峻なため、磁気再生ヘッドの構造材料としてはあまり適さない。

【0042】Fe₃₀₄以外の酸化物ハーフメタル材料であるCrO₂, ZnO, GaNiについても、上述のFe₃₀₄の場合と同様に下地貴金属膜を形成して、その上に成長させたところ基板温度が250℃でも単層膜が形成されていることを確認した。ZnOは、V, Cr, Fe, Co, Niの強磁性金属を約25%ドーピングすると、強磁性ハーフメタルの状態になる。また、GaNについてもMnを25%ドーピングすると強磁性ハーフメタルになる。これらの材料についても下地貴金属膜上の形成は有効である。

【0043】次に、自由層と固定層との間にGMR中間層が形成された従来型の磁気抵抗効果素子において、中間層に貴金属材料を用いた場合に関する下記検証を行った。

【0044】従来のスピナルバルブタイプのGMR素子は、通常、図4に示すように、自由層503と固定層501との間にGMR中間層502が形成されている構造をもつ。

【0045】この自由層503、固定層501には、NiFe, CoFeなどの軟磁気特性をもつ金属磁性体がそれぞれ用いられる。固定層501は、自由層503との保磁力の差を用いる保磁力差型のGMR素子もあるが、広く用いられているタ

イブは、固定層501に、さらにMnPtなどの反強磁性膜が接し、その交換結合磁界によって磁化を固定するスピバルブと呼ばれるタイプである。

【0046】また、固定層501の薄膜化を促進するために、固定層501の中間層502と接している面とは反対側の面に、Ru膜、金属軟磁性膜、反強磁性膜を積層した膜構造とすることがある。この磁性金属膜（固定層）/Ru膜/磁性金属膜（金属軟磁性膜）という積層構造においては、Ru膜の膜厚を制御することで、固定層と金属軟磁性膜が反強磁性的な結合をする。この積層構造は、積層フェリと呼ばれる構造であり、一般的な構造である。

【0047】また、これらの場合に共通かつほとんどの場合にあってはまる点に、GMR中間層502をなす材料がCuあるいはCrからなるという点がある。

【0048】このGMR中間層502の材料として、Cuではなく、Pt, Pd, Rh, Ru, Ir, Au, Ag等に貴金属材料を用いた場合について確認した。ここでは、CoFe (3nm) /GMR中間層 (Xnm) /CoFe (5nm) /NiFe (2nm) /MnIr (12nm) 膜の順に積層してなる磁気抵抗効果素子について、電流を膜面に流した場合の抵抗変化率のGMR中間層502膜厚依存性を調べると、図5にみられるような、抵抗変化率のGMR中間層膜厚による振動現象が確認された。また、GMR中間層が2nmの膜についてのGMR特性を調べたところ、抵抗変化率はGMR中間層材料に依存して異なるものの、Pt, Pd, Rh, Ir, Au, Ag等の貴金属材料を用いた膜では面内で、0.3~10%の範囲で有限の抵抗変化率を示した。このことから、Cuではなく貴金属を含む中間層を介しても、スピバルブが形成可能であることがわかった。

【0049】以上より、磁気抵抗効果素子において、中間層に貴金属材料を用いた場合でもGMR（巨大磁気抵抗効果）が発生することがわかった。また、Cuを中間層にした同様構造膜では $\Delta R/R$ は2~4%程度であるが、貴金属中間層を用いることでCu中間層を用いた場合と同様あるいはそれ以上の $\Delta R/R$ を得ることが可能であることがわかった。

【0050】【実施例1】次に、本発明を適用した磁気抵抗効果素子について検証する。

【0051】まず、酸化物磁性体（ハーフメタル）を含有する酸化物磁性膜（固定層）と、金属磁性体を含有する自由層とを含むGMR構造膜で、貴金属を含む中間層を用いたスピバルブ素子の特性を調べるために、CoFe (3nm) /GMR中間層 (Xnm) /Fe304 (50nm) /貴金属膜 (10nm) からなる積層膜を作製し、電流を膜面に流した場合の抵抗変化率のGMR中間層の膜厚依存性を調べると、室温で、0.3~1.0%程度の抵抗変化率を示した。値が小さいのは、ハーフメタル部分の抵抗が大きい膜についての面内磁気抵抗だからであり、GMRの特徴であるGMR中間層膜厚による抵抗変化率の振動現象が確認された。

【0052】次に、これをCPP構造にした場合のGMRについて以下に述べる。ここで、図6に、反強磁性膜（AF

膜）603が、中間層607が基板（図示しない）と対向する面側に形成されている構造を示す。一例として、CoFeを含む自由層608（膜厚3nm）/GMR中間層607（膜厚2nm）/Fe304を含む固定層606/貴金属層605/NiFeを含む軟磁性膜604/MnIrを含む反強磁性膜603（膜厚12nm）/Crを含む下地膜/基板を順次積層した構造を実際に作製したところ、これらの膜のMR比は、貴金属層605を構成する材料によって異なり、Pt, Pd, Rh, Ru, Ir, Au, Agで、それぞれ2~10%の範囲をとることがわかった。

【0053】例えば、Ruならば膜厚約1.2nmで、酸化物磁性体（Fe304）を含む固定層606/Ruを含む貴金属層605/金属磁性体（NiFe）を含む軟磁性膜604の構造で、積層フェリ構造と呼ばれる反強磁性結合が形成されていることを確認した。このことから、図6の構造で、CPP-GMR構造としての出力である磁気抵抗変化率の高い磁気抵抗効果膜が得られることがわかった。また、これは、Fe304以外のハーフメタル酸化物磁性体膜を固定層に用いた磁気抵抗効果膜についても同様に有効な構造である。

【0054】この構造について、例に挙げたものの他に、自由層608および、軟磁性層604にもちいる磁性金属は、Ni80Fe20あるいはCo90Fe10に代表される軟磁性金属材料である。また、固定層のハーフメタル磁性膜606については、Fe304のほかに、CrO2、ZnO-M（M：遷移金属）、GaN-M（M：遷移金属）、CrAs、MnSbなどを用いても、数%以上の磁気抵抗が得られる。また、反強磁性膜603としては、MnIrのほか、MnPt、CrMnPt、NiOなどを用いた場合は、250℃~300℃の熱処理が必要となるが、抵抗変化の得られる再生素子構造として同様に十分動作する。

【0055】一方、図7には、反強磁性膜603が、中間層607が基板（図示しない）と対向しない面側に配置されている構造を示す。この構造の一例として、Taを含む保護膜709/MnPtを含む反強磁性膜708（12nm）/NiFeを含む軟磁性膜707/貴金属層706/Fe304固定層705/GMR中間層704/CoFeを含む自由層703/Crを含む下地層702/基板701膜を順次積層した膜を作製した。これについても、同様の磁気抵抗効果特性が得られることがわかった。各構成要素に対する詳細は、上に述べたものと同じである。

【0056】次に、貴金属中間層膜605、706の酸化防止機能について述べる。固定層606、705をなす酸化物磁性体に、直接に金属磁性体が接すると、酸化物中の酸素原子は、接合界面を通じて金属側の原子と結合し、金属膜中に拡散することが知られている。特に、再生ヘッドを作製する200℃程度の熱処理プロセスなどのため、この傾向は促進される方向になる。これを有効に防ぐ方法として、酸化物磁性体を含有する固定層606、705を、酸素と結合しにくい貴金属原子で挟むことが有効である。

【0057】図6、図7にある構造では、酸化物磁性体（ハーフメタル）を含有する固定層606、705の両側を、貴金属を含有する中間層607、704及び貴金属層605、706で

挟んだ構造になっている。この界面をX線光電子分光 (XPS) やラザフォード後方散乱 (RBS) で測定すると、酸化物界面での酸素と鉄の比が、金属界面では酸素が少なく、貴金属界面ではほぼ原子組成比になっている。したがって、酸素拡散を防止できると考える。

【0058】〔実施例2〕CPP-GMR構造の磁気抵抗効果素子として、図6、図7にある膜を適用する。CPP-GMR膜に要求される基本的特性としては、以下の3点が上げられる。

(a) 膜の面積抵抗が $2\ \Omega\ \mu\text{m}^2$ 以下、好ましくは $1\ \Omega\ \mu\text{m}^2$ 以下 (但し、素子面積によって変化する。)

(b) 磁気抵抗変化率2%以上

(c) 磁性体の保磁力

(a)の面積抵抗については、素子中のハーフメタルにFe304などの酸化物磁性体を用いた場合には、低抵抗の材料とは異なる問題が生じることが予想される。貴金属層605、706/酸化物ハーフメタルを含有する固定層606、705/貴金属を含有する中間層607、704/磁性材料を含有する自由層608、703という基本構造を仮定し、Pt (膜厚10nm) /Fe304/Au (膜厚3nm) /NiFe (膜厚5nm) についてFe304層の膜厚を変えたときの面積抵抗の変化を $120\text{nm} \times 120\text{nm}$ の形状をもつ素子について計算する。Fe304の抵抗率は $3500\ \mu\Omega\text{cm}$ (垂直) $\sim 35000\ \mu\Omega\text{cm}$ (面内)、その他Ptの抵抗率は $30\ \mu\Omega\text{cm}$ 、Auは $2\ \mu\Omega\text{cm}$ 、NiFeは $30\ \mu\Omega\text{cm}$ である。

【0059】Fe304の膜厚が30nmのとき、Fe304の抵抗率は $3500\ \mu\Omega\text{cm}$ とすると、素子抵抗は約 $73\ \Omega$ 、RAは $1.05\ \Omega\ \mu\text{m}^2$ となり、また、Fe304の膜厚が10nmのとき、素子抵抗は約 $25\ \Omega$ 、RAは $0.35\ \Omega\ \mu\text{m}^2$ となる。Fe304の膜厚が1.5nmのとき、素子抵抗は約 $3.7\ \Omega$ 、RAは $0.053\ \Omega\ \mu\text{m}^2$ となる。このとき、磁気抵抗変化率はFe304膜厚保によって変化する。これは、Fe304の磁気散乱には、Fe304自体のMR効果と、Fe304膜と中間層膜との界面散乱があるため、GMR特性に寄与するのは後者のためFe304が薄いときにGMR効果は増大する。

【0060】なお、Fe304の厚みが40nmの場合にはGMR分は0.2~0.5%程度であるが、10nmでは1%~5%、5nmでは3~10%となる。 $0.1 \times 0.1\ \mu\text{m}^2$ の素子では、Rは5.3Ωで、 $\Delta R = 1.5 \sim 5.3\ \Omega$ となる。

【0061】140Gb/in²の記録密度に対応する再生ヘッドのスペックとしてCPP-GMRの特性を考えると、この面積抵抗はFe304の膜厚が30nm以下で $1\ \Omega\ \mu\text{m}^2$ 以下の値となる。素子面積が $250\text{nm} \times 250\text{nm}$ の場合、Fe304の膜厚が30nmで、素子抵抗は約 $18\ \Omega$ となる。Fe304の膜厚が50nmのとき、RAは $1.75\ \Omega\ \mu\text{m}^2$ となり、素子抵抗は約 $30\ \Omega$ となる。実際には、Fe304の抵抗率は作製法によって異なるため、抵抗は最大で一桁の変動をする。ただし、その場合でも素子面積や膜厚を制御することで、素子抵抗が20~100Ω程度にする磁気抵抗効果膜を作製することは十分可能である。

【0062】これに対し、従来構造の磁気抵抗効果素子、具体的には、Ta(1nm)/NiFe(3nm)/MnPt(15nm)/CoFe(3.5nm)/Cu(3nm)/CoFe(3nm)/Ta(1nm)という積層構造の膜では、素子面積を $0.1 \times 0.1\ \mu\text{m}^2$ まで小さくしてもR=0.5Ω程度であり、 $\Delta R/R$ が2%であっても出力 ΔR は0.01Ω程度であり、上記発明と比較すると小さい。

【0063】また、本発明を適用した磁気抵抗効果素子、即ちハーフメタル磁性体を含有する固定層を備える磁気抵抗効果素子における磁気抵抗変化率は、Co/Al₂O₃/Fe₃₀₄の構造をもつTMR構造では室温で13%あり、CoFe/Pt/Fe₃₀₄やNiFe/Au/Fe₃₀₄でも6%以上の抵抗変化率となる。Fe₃₀₄の保磁力は、単結晶の困難軸方向で約1A/mであり、良好な軟磁気特性が得られる。

【0064】〔実施例3〕本発明を磁気ヘッドに応用した場合の実施例を以下に示す。磁気抵抗効果素子に用いるCPP-GMR膜は、図6や図7に示すような構造をもつ膜であり、例えば実施例2にて提示した構造をもつ。これらの磁気抵抗効果素子を適用した磁気ヘッド構造は、インギャップタイプとよばれる構造と、ヨーク構造と呼ばれるヘッド構造のどちらについても適用が考えられる。

【0065】ここで、インギャップ構造とは、磁気センサー膜が一对のシールドとシールドとの間に挟まれ、媒体に対向する面に断面が露出した形状のヘッド構造である。また、ヨーク構造とは、センサーが媒体対向面に露出せず、例えばアルファベットのC文字型形状の軟磁性体からなるヨーク膜の奥にセンサーを配置した構造である。これらは、電極をシールドと兼用し、かつ、磁区制御機構のある構造になると考えられる。但し、素子サイズが十分小さいときには素子中に磁壁が生じなくなる場合があり、この場合は、本構造における磁区制御不要になる場合があると考えられる。

【0066】図8に、上記の電極をシールドと兼用したインギャップ形状の再生ヘッドの媒体対向面から見た図を示す。例えば、下部シールド兼電極膜面801上にリフトオフ材料を塗布し、膜形成後に感磁部となる場所805を残す形状でリフトオフパターンを形成した後、イオンミリング法などの方法で磁気抵抗効果膜805をエッチングする。エッチング後にCoCrPt、CoCrPtZrO₂などの硬質磁性材料によってなる磁区制御膜803を、絶縁膜802、804で挟んだ膜を形成する。この磁区制御膜は、CPP-GMRセンサー膜の磁区挙動によるノイズを防ぐため、磁界測定精度を高めることができる。ここでCrやTaなどの適当な下地上に磁区制御膜803を形成すると磁区制御膜の特性に關し有効である場合があった。但し、素子サイズが十分小さいときには素子中に磁壁が生じなくなる場合があり、この場合は、本構造における磁区制御不要になる場合がある。

【0067】磁区制御膜803、804形成後、リフトオフマスクを除去する。その後、上部シールド膜兼電極膜807を形成する。この後、この上に保護絶縁膜808として例

例えばAl₂O₃とSiO₂の混合膜を100nm以上の厚い膜として形成した。

【0068】さらに、図9は、代表的なヨーク構造と、磁区制御膜を模式的に表した立体図である。909は図の各方向を示したもので、910は膜厚方向、911は素子高さ方向、909はトラック幅方向である。この構造は、媒体に対抗した面に磁気抵抗センサ膜905が露出しない構造をとっている。ここで、図に示すNi₈₁Fe₁₉からなる下部磁気シールド903と上部磁気シールド907に挟まれたギャップ内に、同様の軟磁性材料からなるヨーク膜906および902が挟まれている構造について確認した。該ヨーク膜906および902は、図12では上部ヨーク906と下部ヨーク902が接合したCリング形状になっている。このほかにも、下部ヨーク906を媒体面近傍の先端でトラック幅方向に絞った形状のものや、ヨーク膜厚を厚膜にした形式、ヨークが磁気センサ下で不連続になっている構造（図10、11）がある。図中には磁区制御膜901が示されている。これによって、少なくとも下部ヨーク902と磁気抵抗センサ膜は磁区制御され、かつ、周囲の分流は無い。この磁区制御膜の構造としては、上下ヨーク膜と磁気抵抗センサ膜を同時に磁区制御する形式と、それぞれを磁区制御する構造のいずれでも、良好な磁区制御が可能である事を確認した。

【0069】上記図9は、図10および図11に示すように、磁気抵抗センサにセンスされる磁束の量を増すために、該ヨークの磁気センサ膜に接する部分を不連続にした構造でも、磁区制御膜の材料を高抵抗膜にすることによって、磁区制御膜を形成する事が可能である。これらの磁界センサーは、半導体をセンサ膜として使用した場合に比べて、センサ膜の透磁率が1000倍程度になるために、媒体からの磁界を効率良く活用することが可能である。

【0070】本構造ではセンスする磁界は膜面に垂直に印加される成分であることから、磁気記録されたものからの記録の漏洩磁界、また、面内記録されたものでは記録端部の漏洩磁束をセンスする構造になっている。

【0071】本実施の形態では上記記載の磁気抵抗センサをもちい、再生シールド間隔（ギャップ間距離）が80nm以下でも磁気抵抗変化膜と磁区制御膜の導通による再生特性の劣化は認められなかった。

【0072】また、ここで示した再生ヘッド構造部分に加えて、上部磁気シールド907上に絶縁膜1201を形成し、この上に、記録ヘッド機構1202を搭載した図12に示すようなヘッドについても、記録、再生ともに問題無く可能であることを確認した。

【0073】〔実施例4〕図13は本発明によるヘッドを用いた一実施例の磁気ディスク装置を示す図である。図示した磁気ディスク装置は、同心円状のトラックとよばれる記録領域にデータを記録するための、ディスク状に形成された磁気記録媒体としての磁気ディスク1301と、

磁気トランスデューサーからなり、上記データの読み取り、書き込みを実施するための本発明による磁気ヘッド1306と、該磁気ヘッド1306を支え磁気ディスク1301上の所定位置へ移動させるアクチュエーター手段1311と、磁気ヘッドが読み取り、書き込みするデータの送受信及びアクチュエーター手段の移動などを制御する制御手段とを含み構成される。

【0074】さらに、構成と動作について以下に説明する。少なくとも一枚の回転可能な磁気ディスク1301が回転軸1302によって支持され、駆動用モーター1303によって回転させられる。少なくとも一個のスライダー1306が、磁気ディスク1301上に設置され、該スライダー1309は、一個以上設けられており、読み取り、書き込みするための本発明による磁気ヘッド1310を支持している。

【0075】磁気ディスク1301が回転すると同時に、スライダー1306がディスク表面を移動することによって、目的とするデータが記録されている所定位置へアクセスされる。スライダー1306は、サスペンション1307によってアーム1308にとりつけられる。サスペンション1307はわずかな弾力性を有し、スライダー1306を磁気ディスク1301に密着させる。アーム1308はアクチュエーター1311に取り付けられる。

【0076】アクチュエーター1311としてはボイスコイルモーター（以下、VCMと称す。）がある。VCMは固定された磁界中に置かれた移動可能なコイルからなり、コイルの移動方向および移動速度等は、制御手段1312からライン1304を介して与えられる電気信号によって制御される。したがって、本実施例によるアクチュエーター手段は、例えば、スライダー1306とサスペンション1307とアーム1308とアクチュエーター1311とライン1304を含み構成されるものである。

【0077】磁気ディスクの動作中、磁気ディスク1301の回転によってスライダー1306とディスク表面の間に空気流によるエアベアリングが生じ、それがスライダー1306を磁気ディスク1301の表面から浮上させる。したがって、磁気ディスク装置の動作中、本エアベアリングはサスペンション1307のわずかな弾力力とバランスをとり、スライダー1306は磁気ディスク表面にふれずに、かつ磁気ディスク1301と一定間隔を保って浮上するように維持される。

【0078】通常、制御手段1312はロジック回路、メモリ、及びマイクロプロセッサなどから構成される。そして、制御手段1312は、各ラインを介して制御信号を送受信し、かつ磁気ディスク装置の種々の構成手段を制御する。例えば、モーター1303はライン1304を介し伝達されるモーター駆動信号によって制御される。

【0079】アクチュエーター1311はライン1304を介したヘッド位置制御信号及びシーク制御信号等によって、その関連する磁気ディスク1301上の目的とするデータトラックへ選択されたスライダー1306を最適に移動、位

置決めするように制御される。

【0080】そして、制御信号は、磁気ヘッド1310が磁気ディスク1301のデータを読み取り変換した電気信号を、ライン1304を介して受信し解読する。また、磁気ディスク1301にデータとして書き込むための電気信号を、ライン1304を介して磁気ヘッド1310に送信する。すなわち、制御手段1312は、磁気ヘッド1310が読み取りまたは書き込みする情報の送受信を制御している。

【0081】なお、上記の読み取り、書き込み信号は、磁気ヘッド1310から直接伝達される手段も可能である。また、制御信号として例えばアクセス制御信号およびクロック信号などがある。さらに、磁気ディスク装置は複数の磁気ディスクやアクチュエーター等を有し、該アクチュエーターが複数の磁気ヘッドを有してもよい。

【0082】このような複数の機構を兼ね備えることによって、いわゆるディスクアレイ装置を形成することが可能である。

【0083】以上のように構成される磁気記録装置は、本発明を適用した磁気抵抗効果素子を搭載しているので、再生密度が 150Gb/in^2 を超える領域の磁気記録再生が可能となる。

【0084】〔実施例5〕図14に示すのは、磁気メモリ、いわゆるMRAMの代表的構造を示すものである。1401はこの場合、基体となるCMOSである。これはエミッタ1403、ベース1410、コレクタ1402と呼ばれる端子をもったトランジスタである。1404は半導体基板上に形成した反応層で、ここを介して電子が伝導する。

【0085】情報を記録する磁気センサ1409および、1409を挟む電極膜構造を含めた構造1406と、該磁気センサに接続し、素子に電流を流すビット線1407と、磁気センサ構造1406を挟んで該ビット線1407と対抗した位置の、磁気センサ構造1406から離れた位置にあって、かつ、該ビット線に直交し、磁気センサ膜に記録動作を行うワード線1405と、記録信号を増幅する増幅系と、読み出し、書き込みのスイッチをおこなう読み出しワード線1411を備えたセルが、複数個並列している構造を持つ磁気記録素子において、該磁気センサ1406の膜が、発明の実施の形態1に示すような磁性体を含む磁気センサからなる。そうすると、電流は膜面垂直方向に流れるか、あるいは膜面の一方方向に流れるので同様の磁気センサの使用法になる。

【0086】また、磁気センサー素子1409の大きさは、素子形状を正方形とすると、一辺が $0.1\text{--}0.25\mu\text{m}$ である。加工は、電子線描画を用いた。磁気センサー膜1409には、図6あるいは図7の構造の膜を適用した。磁気センサー膜の周囲は、絶縁膜で覆われた構造である。素子形状は、電流を垂直方向に流すため四角形、多角形あるいは円形が有効である。このとき、磁気センサ膜の磁化は、ワード線1405とビット線1407を流れる電流の方向で、磁気センサ部分に発生する合成磁界の方向をかえる

ことによって回転させる。この磁気センサ膜の自由層の磁化方向を回転させる時に、自由層に磁区が発生すると、磁界に対する抵抗値が変動し、 S/N が低下するために、記憶が読み出せなくなる。これを制御性良く行うためには磁区制御膜を必要とする。この磁区制御膜を1406のように磁気センサ構造の両端に配置することにより、磁区制御膜への分流損失無しに磁区制御することが可能である。

【0087】以上のように構成される磁気メモリにおいては、本発明を適用した磁気抵抗効果素子を搭載することにより、セル面積を従来の 12F^2 から $6\text{--}8\text{F}^2$ へと縮小化し、メモリ容量を増大することが可能である。なお、ここで F とは最小加工寸法のことである。

【0088】

【発明の効果】以上の説明から明らかなように、本発明に係る磁気ヘッドは、ハーフメタルを含有する固定層と、固定層の一主面側に形成された自由層と、固定層と自由層との間に形成された中間層と、固定層の他主面側に形成された反強磁性層と、固定層と前記反強磁性層との間に形成された軟磁性層と、固定層と前記軟磁性層との間に形成された貴金属層とを含む構成とすることにより、高い磁気抵抗変化率や電気抵抗を達成した磁気抵抗効果素子を搭載しているので、高感度で出力が大きいものとなる。

【0089】また、この磁気抵抗効果素子を備える磁気記録再生装置は、面記録密度が 150Gb/in^2 を超える磁気記録媒体と組み合わせて使用可能である。

【0090】更にまた、この磁気抵抗効果素子を備える磁気メモリでは、セル面積を従来の 12F^2 から $6\text{--}8\text{F}^2$ へと縮小化し、メモリ容量を従来の倍以上増大することが可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】磁性体の電子密度状態(DOS)の模式図である。

【図2】 Fe_{304} 膜の飽和磁化の基板温度依存性を示す特性図である。

【図3】貴金属膜(Au)上に形成した Fe_{304} 膜の飽和磁化の膜厚依存性を示す特性図である。

【図4】スピンバルブタイプのGMR素子の断面図である。

【図5】貴金属を含有するGMR中間層の膜厚と、抵抗変化率との関係を示す特性図である。

【図6】本発明を適用した磁気抵抗効果素子の模式図である。

【図7】本発明を適用した磁気抵抗効果素子の模式図である。

【図8】本発明を適用したインギャップ型CPP-GMR再生ヘッドの媒体対向面側からの断面図である。

【図9】本発明を適用したヨーク構造の模式図である。

【図10】本発明を適用した磁気抵抗効果素子とヨーク

との位置関係を示す模式図である。

【図 1 1】 本発明を適用した磁気抵抗効果素子とヨークとの位置関係を示す模式図である。

【図 1 2】 本発明を適用した磁気抵抗効果素子とヨークとの位置関係を示す模式図である。

【図 1 3】 本発明を適用した磁気記録再生装置の模式図である。

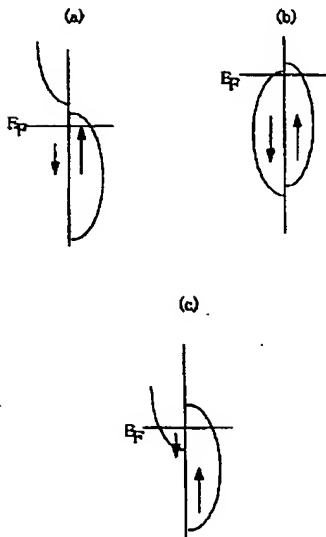
【図 1 4】 本発明を適用した磁気メモリの模式図である。

【符号の説明】

603, 708 反強磁性層、604, 707 軟磁性層、605, 706 貴金属層、606, 705 固定層、607, 704 中間層、608, 703 自由層。

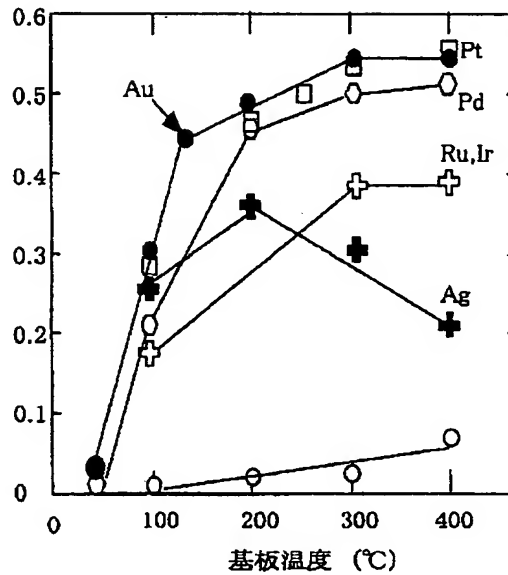
【図 1】

図1



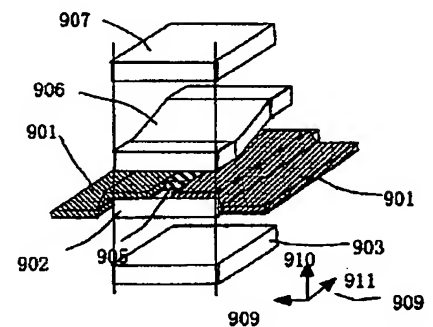
【図 2】

図2



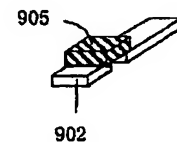
【図 9】

図 9



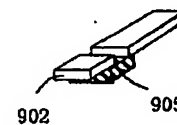
【図 1 0】

図10



【図 1 1】

図11



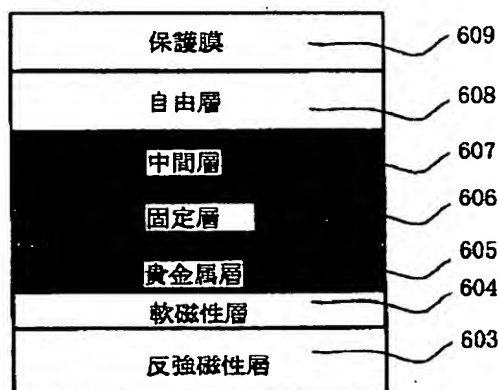
【図 4】

図4



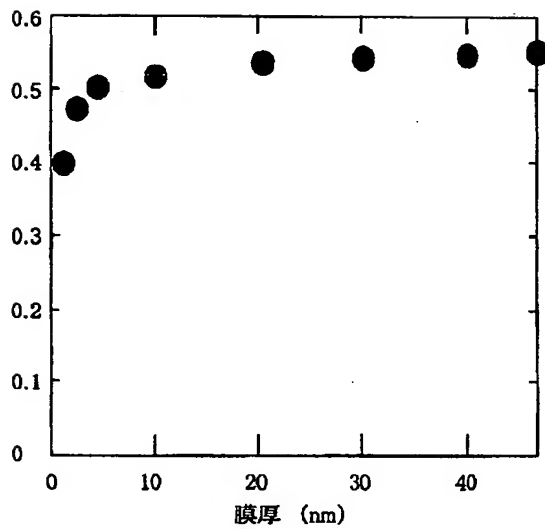
【図 6】

図6



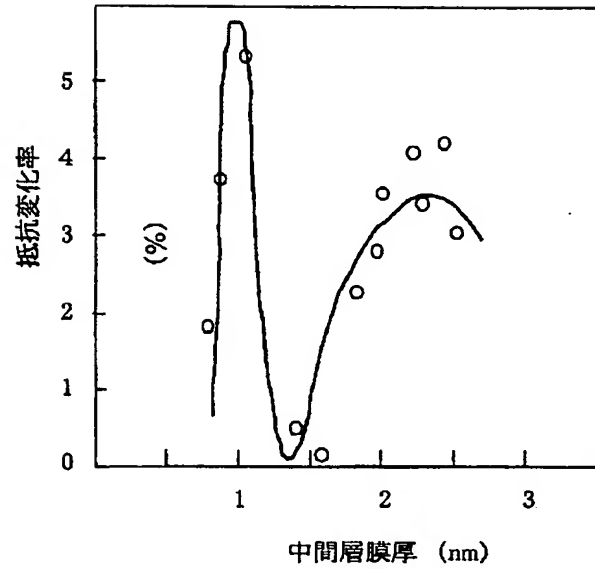
【圖3】

圖3



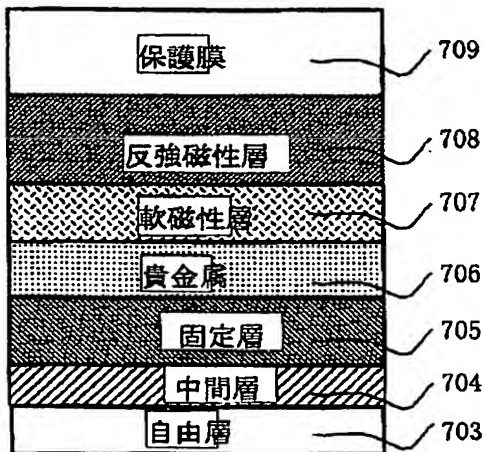
【圖5】

圖5



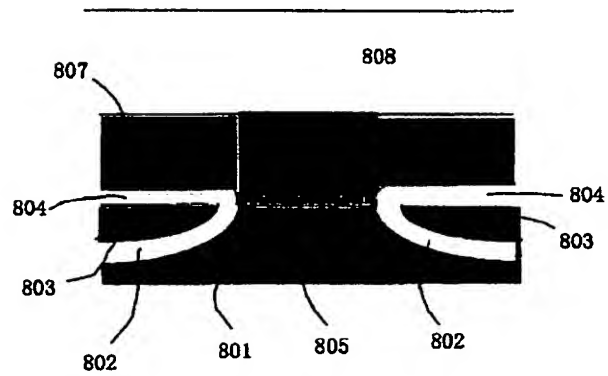
【圖7】

圖7

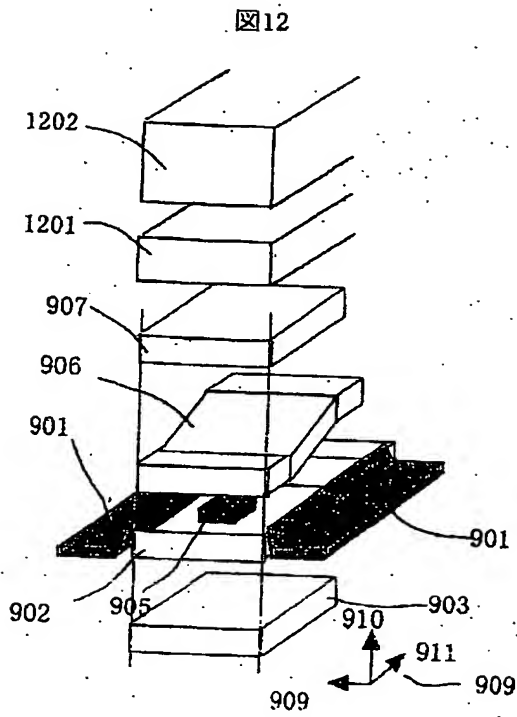


【圖8】

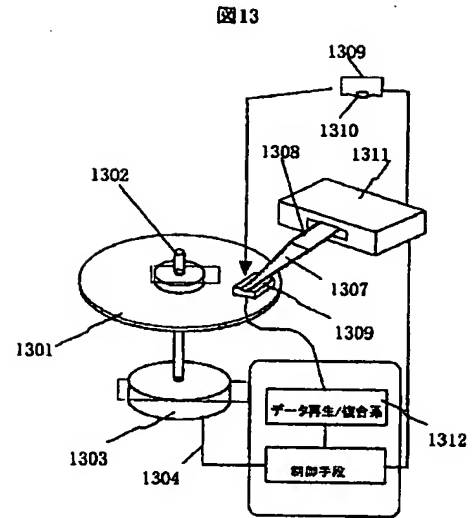
圖8



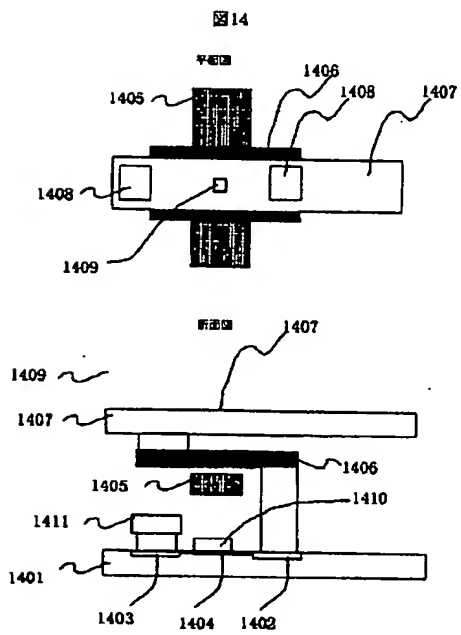
【図12】



【図13】



【図14】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 7

識別記号

H O 1 F 10/32

H O 1 L 27/105

43/08

F I

テ-マコ-ト (参考)

H O 1 F 10/32

H O 1 L 43/08

M

Z

27/10

4 4 7

(72) 発明者 早川 純

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地
株式会社日立製作所中央研究所内

(72) 発明者 伊藤 顕知

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地
株式会社日立製作所中央研究所内

Fターム(参考) 5D034 BA03 BA08 BB12

5E049 AA01 AA04 AA07 BA12 DB12

5F083 FZ10 GA09 GA11 JA36 JA37

JA38 JA39 JA60 ZA20

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.